

(19)日本特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-342757

(P2002-342757A)

(43)公開日 平成14年11月29日 (2002.11.29)

(51)Int.Cl.
G 0 6 T 7/00
G 0 1 N 21/956
G 0 1 R 31/00
G 0 6 T 1/00
H 0 1 L 21/66

識別記号
3 0 0
C 0 1 N 21/956
C 0 1 R 31/00
C 0 6 T 1/00
H 0 1 L 21/66

F I
C 0 6 T 7/00
C 0 1 N 21/956
C 0 1 R 31/00
C 0 6 T 1/00
H 0 1 L 21/66

データコード(参考)
3 0 0 E 2 G 0 3 6
A 2 G 0 5 1
4 M 1 0 6
3 0 5 A 5 B 0 5 7
J 5 L 0 9 6

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 7 頁)

(21)出願番号 特願2001-149665(P2001-149665)

(71)出願人 000151494

(22)出願日 平成13年5月18日 (2001.5.18)

株式会社東京精密
東京都三鷹市下連雀9丁目7番1号

(72)発明者 桑原 雅之
東京都八王子市石川町2968番2号 株式会
社ティーエスケイ・マイクロテクノロジ内

(74)代理人 10007/517
弁理士 石田 敬 (外4名)

最終頁に続く

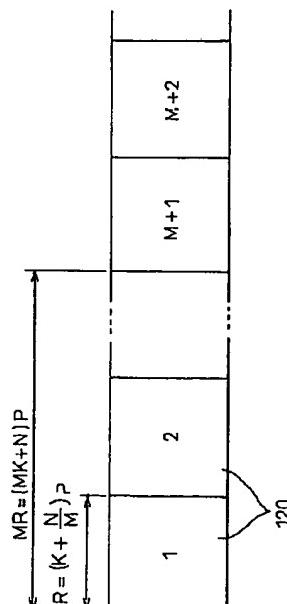
(54)【発明の名称】 パターン比較検査方法及び装置

(57)【要約】

【課題】 セルの配列ピッチRが画素ピッチPの整数倍でない場合でも、ソフトウェア処理でセルーセル比較が行えるパターン比較検査方法及び装置の実現。

【解決手段】 所定のピッチRで繰り返される複数の基本パターン120を有するパターンの画像を撮影して画素データを生成する撮像部12,16と、画像データを記憶するメモリ17と、画像データに基づいて、基本パターンの対応する画素データを順次比較する画像処理部18とを備えるパターン比較検査装置であって、画像処理部18は、画素ピッチより小さい所定の分解ピッチP/Lより長い分解能で表した時に、所定のピッチを第1の整数M倍した長さが画素ピッチの整数倍とみなせる第1の整数Mを設定する整数倍ピッチ設定部を備え、整数倍ピッチ設定部に設定された第1の整数M個離れた基本パターンの対応する画素データを順次比較する。

図6



【特許請求の範囲】

【請求項1】 所定のピッチで繰り返される複数の基本パターンを有するパターンの画素データに基づいて、前記基本パターンの対応する画素データを順次比較することにより検査するパターン比較検査方法であって、
画素ピッチより小さい所定の分解ピッチ以上の分解能で表した時に、前記所定のピッチを第1の整数(M)倍した長さが前記画素ピッチの整数倍とみなせる前記第1の整数(M)を設定し、
前記第1の整数(M)個離れた基本パターンの対応する画素データを順次比較することを特徴とするパターン比較検査方法。

【請求項2】 請求項1に記載のパターン比較検査方法であって、
前記画素データの比較は、前記基本パターンが繰り返される方向に沿って、1画素ずらしながら順次行われ、
前記基本パターンが繰り返される方向の1列の画素データは、両側の前記所定のピッチを第1の整数(M)倍した範囲を除いた中央部分では、両側に前記所定のピッチを第1の整数(M)倍した長さ離れた2つの画素データと比較されるパターン比較検査方法。

【請求項3】 請求項2に記載のパターン比較検査方法であって、
前記中央部分を除いた両側の前記所定のピッチを第1の整数(M)倍した範囲の画素データは、一方に前記所定のピッチを第1の整数(M)倍した長さ離れた1つの画素データとのみ比較されるパターン比較検査方法。

【請求項4】 請求項2に記載のパターン比較検査方法であって、
前記中央部分を除いた両側の前記所定のピッチを第1の整数(M)倍した範囲の画素データは、一方に前記所定のピッチを第1の整数(M)倍した長さ離れた1つの画素データとの1回目の比較の後、前記所定のピッチを第1の整数(M)倍した長さを更に2以上の整数倍した長さ離れた他の1つの画素データと比較されるパターン比較検査方法。

【請求項5】 請求項2に記載のパターン比較検査方法であって、

前記中央部分を除いた両側の前記所定のピッチを第1の整数(M)倍した範囲の画素データは、一方に前記所定のピッチを第1の整数(M)倍した長さ離れた1つの画素データとの1回目の比較の後、

前記所定の分解ピッチより大きな第2の分解ピッチの分解能で表した時に、前記所定のピッチを第2の整数(T)倍した長さが前記画素ピッチの整数倍とみなせる前記第2の整数(T)を設定し、

前記所定のピッチを、前記第2の整数(T)倍した長さ離れた画素データと順次比較されるパターン比較検査方法。

【請求項6】 請求項4又は5に記載のパターン比較検

査方法であって、

前記中央部分を除いた両側の前記所定のピッチを第1の整数(M)倍した範囲の画素データの2回目以降の比較は、前記1回目の比較結果が不一致の時にのみ行われるパターン比較検査方法。

【請求項7】 所定のピッチで繰り返される複数の基本パターンを有するパターンの画像を撮影して画素データを生成する撮像部と、前記画像データを記憶するメモリと、前記画像データに基づいて、前記基本パターンの対応する画素データを順次比較する画像処理部とを備えるパターン比較検査装置であって、
前記画像処理部は、画素ピッチより小さい所定の分解ピッチ以上の分解能で表した時に、前記所定のピッチを第1の整数(M)倍した長さが前記画素ピッチの整数倍とみなせる前記第1の整数(M)を設定する整数倍ピッチ設定部を備え、

前記整数倍ピッチ設定部に設定された前記第1の整数(M)個離れた基本パターンの対応する画素データを順次比較することを特徴とするパターン比較検査装置。

【請求項8】 請求項7に記載のパターン比較検査方法であって、

前記画像処理部は、前記画素データの比較を、前記基本パターンが繰り返される方向に沿って、1画素ずらしながら順次行い、

前記基本パターンが繰り返される方向の1列の画素データを、両側の前記所定のピッチを第1の整数(M)倍した範囲を除いた中央部分では、両側に前記所定のピッチを第1の整数(M)倍した長さ離れた2つの画素データと比較するパターン比較検査装置。

【請求項9】 請求項8に記載のパターン比較検査装置であって、

前記画像処理部は、前記中央部分を除いた両側の前記所定のピッチを第1の整数(M)倍した範囲の画素データを、一方に前記所定のピッチを第1の整数(M)倍した長さ離れた1つの画素データとのみ比較するパターン比較検査装置。

【請求項10】 請求項8に記載のパターン比較検査装置であって、

前記画像処理部は、前記中央部分を除いた両側の前記所定のピッチを第1の整数(M)倍した範囲の画素データを、一方に前記所定のピッチを第1の整数(M)倍した長さ離れた1つの画素データとの1回目の比較の後、前記所定のピッチを第1の整数(M)倍した長さを更に2以上の整数倍した長さ離れた他の1つの画素データと比較するパターン比較検査装置。

【請求項11】 請求項8に記載のパターン比較検査装置であって、

前記画像処理部は、前記所定の分解ピッチより大きな第2の分解ピッチの分解能で表した時に、前記所定のピッチを第2の整数(T)倍した長さが前記画素ピッチの整

数倍とみなせる前記第2の整数(T)を設定する第2整数倍ピッチ設定部を備え、

前記中央部分を除いた両側の前記所定のピッチを第1の整数(M)倍した範囲の画素データを、一方に前記所定のピッチを第1の整数(M)倍した長さ離れた1つの画素データとの1回目の比較の後、前記所定のピッチを、前記第2の整数(T)倍した長さ離れた画素データと順次比較するパターン比較検査装置。

【請求項12】 請求項10又は11に記載のパターン比較検査装置であって、

前記画像処理部は、前記中央部分を除いた両側の前記所定のピッチを第1の整数(M)倍した範囲の画素データの2回目以降の比較を、前記1回目の比較結果が不一致の時にのみ行うパターン比較検査装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、所定のピッチで繰り返される基本パターンを有するパターンにおいて、基本パターン同士を比較して欠陥の有無などを検査するパターン比較検査方法及び装置に関し、特にセルパターンが繰り返される半導体メモリなどの半導体ウエハ上に形成されたパターンやフォトマスクのパターンなどを、近傍のセルパターン同士を順次比較して検査する外観検査方法及び装置に関する。

【0002】

【従来の技術】形成したパターンを撮像して画像データを生成し、画像データを解析してパターンの欠陥の有無などを検査することが広く行われている。特に、半導体製造の分野では、フォトマスクを検査するフォトマスク検査装置や半導体ウエハ上に形成したパターンを検査する外観検査装置が広く使用されている。本発明は、フォトマスクやウエハ上パターンなどの基本パターンが繰り返されるパターンであればどのようなパターンの検査にも適用可能であるが、以下の説明ではウエハ上に形成されたパターンを光学的に撮像して得た画像データを例として説明を行う。

【0003】図1は、半導体チップ101を半導体ウエハ100上に形成した様子を示す。一般に、このような半導体チップ101をダイと呼ぶので、ここでもこの語を使用する。半導体装置の製造工程では、ウエハ100上に何層ものパターンを形成するのですべての工程を終了するまでには長時間を要すると共に、1層でも重大な欠陥があるとそのダイは不良になり、歩留まりが低下する。そこで、途中の工程で形成したパターンを撮像して得た画像データを解析して、重大な欠陥を生じた層は除去して再度形成したり、不良情報を製造工程にフィードバックして歩留まりを向上することが行われている。このために使用されるのが外観検査装置(インスペクションマシン)である。

【0004】図2は、外観検査装置の概略構成を示す図

である。図2に示すように、ウエハ100はステージ11上に保持される。光源14からの照明光はコンデンサレンズ15により収束され、ハーフミラー13で反射された後、対物レンズ12を通過してウエハ100の表面を照明する。照明されたウエハ100の表面の光学像が対物レンズ12により撮像装置16に投影される。撮像装置16は、光学像を電気信号である画像信号に変換する。画像信号はデジタル化されて画像データに変換され、画像メモリ17に記憶される。画像処理部18は、画像メモリ17に記憶された画像データを処理して欠陥の有無などを調べる。制御部19は、ステージ11、画像メモリ17及び画像処理部18などの装置各部の制御を行う。

【0005】半導体装置のパターンは非常に微細であり、外観検査装置は非常な高分解能が要求される。そこで、撮像装置としては1次元イメージセンサが使用され、ステージ11を1方向に移動(走査)し、走査に同期して撮像装置の出力をサンプリングすることにより画像データを得ている。撮像可能なウエハ上の幅Hがダイ101の幅より小さい場合には、例えば図1に示すように、各ダイの同じ部分を順次走査し、すべてのダイについて走査が終了した後、各ダイの別の部分を順次走査して各ダイのすべての部分の画像データを得ている。これにより走査を行って画像データを得ると同時に、前の走査で得た他のダイの対応部分の画像データとの比較を同時に実行るのでスループットが向上する。しかし、走査の方法はこれに限らず、各種提案されている。

【0006】図3は、隣接するダイ間で画像データを比較する動作を説明する図である。ダイA、B、C、Dが図3に示すように配列されているとする。画像データは画素101単位で表される。画素のウエハ表面での配列ピッチは、走査に垂直な方向については撮像装置の画素の配列ピッチに撮影倍率の逆数を乗じた値であり、1次元イメージセンサであれば走査方向は走査速度とサンプリング周期を乗じた値である。図示のように、ダイBとCの間で比較を行う場合には、ダイBとCの対応する画素の画像データ(画素データ)を比較する。例えば、ダイBとCのa行の1列目の画素データ同士を比較する。従って、ダイBとCの各画素の位置は対応していることが必要である。各ダイは共通の1つのフォトマスクを露光することによりパターンが形成され、1つのダイを露光した後ウエハを移動して次のダイを露光するという具合に順次露光される。従って、ダイ間の位置精度は移動の位置合わせ精度により決定される。一般には、十分な比較検査を行うには比較する部分のずれが画素の数分の1から十分の1以下であることが要求され、移動の位置合わせ精度だけではこの要求を満たせない時には、画像処理によりずれを補正するなどの各種の方法が提案されている。

【0007】ダイ間の画素データの比較は、AとB、B

とC, CとDという具合に端のダイから順に画素データを生成して記憶し、新しく生成したダイの画素データを直前に生成して記憶してあるダイの画素データと比較することにより行うのが一般的である。このように比較することにより、両端のダイ以外の中央部分のダイは隣接する2つのダイと2回比較され、比較結果が2回とも一致すれば正常（欠陥無し）と判定され、比較結果が2回とも一致しなければ異常（欠陥有り）と判定される。このように2回比較され、2回の比較結果により欠陥の有無を判定する方法をダブルディテクションと呼ぶ。また、ダイ間での比較をダイーダイ比較と呼ぶ。

【0008】半導体メモリなどは、セルと呼ばれる基本単位を繰り返した構成を有し、そのためのパターンもセルに対応した基本パターンを繰り返した構成を有する。図4はセルを説明する図であり、図示のように走査方向の長さ（配列ピッチ）R、走査に垂直な方向の幅Sで示すセル領域120が2方向に繰り返し配置されている。このようなセルが所定ピッチで配列されるパターンを検査する場合、上記のようなダイーダイ比較を行わずに、近傍のセル間で対応する部分の画素データを比較することにより欠陥の有無を判定することが行われる。これをセルーセル比較と呼ぶ。

【0009】図4に示すように、画素ピッチがPで、RがPの整数倍である場合には、各セル領域120の各画素は他のセル領域の各画素とパターン上の位置が同じであれば、そのまま比較することができる。セルーセル比較もダイーダイ比較の場合と同様に、セルを1つずつずらしながら隣接するセル間で順次比較を行う。従って、両端のセルを除く中央部分のセルは両側に隣接するセルと2回比較されるダブルディテクションが行われることになる。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】しかし、実際にはセルの配列ピッチRが画素ピッチPの整数倍になるとは限らない。図5はその場合の様子を示す図であり、RとPは次のような関係を有するとする。

$$R = (K + N/M) P$$

K, M, Nは整数で、 $0 < N < M$ で、MとNは最大限約分されているとする。

【0011】この場合、各セルのパターンは、画素に対して $N P / M$ ずつ徐々にずれることになる。従って、そのまま画素データを比較することはできない。なお、比較を行う上で許容されるパターン上のずれが規定されており、これを分解ピッチと呼ぶことにし、ここでは画素ピッチPの $1/L$ (L は整数) のずれまで許容されるとして、 P/L を分解ピッチとする。従って、 $M \leq L$ である。

【0012】配列ピッチRが画素ピッチPの整数倍でない場合、隣接するセル間では比較が行えない。そこで、このような場合には、配列ピッチRが画素ピッチPの整

数倍になるように、撮影倍率を変更したり、走査速度やサンプリング周期を変更することが提案されているが、このような条件を変更を可能にするハードウェアが必要なためにコストが増加したり、条件を変更するためにスループットが低下するという問題を生じる。

【0013】本発明はこのような問題を解決するためになされたもので、セルの配列ピッチRが画素ピッチPの整数倍でない場合でも、ハードウェアの変更を伴わずにソフトウェアでセルーセル比較を可能にすることを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】図6は、本発明の原理を説明する図である。上記のように、画素ピッチPと配列ピッチRが $R = (K + N/M) P$ の関係を有するとした場合（ただし、K, M, Nは整数で、 $0 \leq N < M$ で、MとNは最大限約分されており、 $M \leq L$ （分解ピッチ）である。）、配列ピッチRをM倍した距離離れたセル（M個離れたセル）の画素、すなわち $MR = (MK + N) P$ 離れた画素は、パターン上の同じ位置であるとみなせる。従って、これらの画素を比較すればよい。

【0015】すなわち、本発明のパターン比較検査方法は、所定のピッチで繰り返される複数の基本パターンを有するパターンの画素データに基づいて、前記基本パターンの対応する画素データを順次比較することにより検査するパターン比較検査方法であって、画素ピッチより小さい所定の分解ピッチ以上の分解能で表した時に、前記所定のピッチを第1の整数（M）倍した長さが前記画素ピッチの整数倍とみなせる前記第1の整数（M）を設定し、前記第1の整数（M）個離れた基本パターンの対応する画素データを順次比較することを特徴とする。

【0016】上記の式は、分解ピッチ P/L を使用しており、まるめ誤差を有する。しかし、比較は比較対象の画素の組を順次シフトしながら $MR = (MK + N) P$ 離れた画素間で行われるので、誤差が累積することはない。画素データの比較は、基本パターンが繰り返される方向に沿って、1画素ずらしながら順次行われるので、基本パターンが繰り返される方向の1列の画素データのうちの、両側の所定のピッチを第1の整数（M）倍した範囲を除いた中央部分では、両側に所定のピッチを第1の整数（M）倍した長さ離れた2つの画素データと比較されるダブルディテクション方式で比較される。

【0017】その場合、中央部分を除いた両側の所定のピッチを第1の整数（M）倍した範囲（両端部分）の画素データについては、比較は1回のみ行われることになるが、1回の比較でも特に問題がなければ構わない。もし、両端部分の画素データも2回の比較を行う必要がある場合には、更に所定のピッチを第1の整数（M）倍した長さ（ $MR = (MK + N) P$ ）の更に2以上の整数倍した長さ離れた他の1つの画素データと比較する。この場合、誤差の累積を考慮すると2MR離れた画素とする

ことが望ましい。

【0018】また、両端部分の画素データも2回の比較を行う別の方針としては、所定の分解ピッチより大きな第2の分解ピッチの分解能で表した時に、所定のピッチを第2の整数(T)倍した長さが画素ピッチの整数倍とみなせる第2の整数(T)を設定し、所定のピッチを第2の整数(T)倍した長さ離れた画素データと順次比較する。

【0019】なお、両端部分の画素データは、1回目の比較でダブルディテクション方式で検査された中央部分の画素データと比較されており、欠陥がないと判定された中央部の画素データとの比較結果が一致すれば欠陥がないと判断されるので、上記の周辺部分の2回目以降の比較は、1回目の比較で一致しない場合のみ行えればよい。

【0020】

【発明の実施の形態】以下、本発明を半導体ウエハ上に形成されたパターンを検査する場合の実施例を説明するが、検査装置の概略構成は図2と同様であり、1次元のイメージセンサを使用して走査により画素データが得られる。また、半導体ウエハ上に形成されたパターンは、セルが所定ピッチで繰り返し配列されるセル部分を有する半導体メモリのパターンであるとする。

【0021】図7は、実施例におけるダイ内のセル部分の画素データの配列を示す。本実施例ではセル部分以外は対象としないので、他の部分についてはダイーダイ比較などが行われる。走査方向(横方向)の画素の配列ピッチを P とした場合、セルの配列ピッチ R は、図6に示すように $R = (K + N/M) P$ であり、 K, M, R, L (示さず)については上記の説明の通りであるとする。ここで、配列ピッチ R は、設計データや撮像条件に基づいてオペレータが図の画像処理部18に設定したり、画像処理部18が画像処理により自動的に算出したり、それらを組み合わせて半自動で算出される。

【0022】ここでは説明のために、図7に示すように、セル部分の画素データのうち最初の MR の長さ範囲の画素データをA組、次の MR の長さ範囲の画素データをB組、次の MR の長さ範囲の画素データをC組とし、最後の MR の長さ範囲の画素データをZ組、その前の MR の長さ範囲の画素データをY組とする。各組には M 個のセルが含まれる。

【0023】画像処理部18は、A組の先頭の画素データ 110 とB組の先頭の画素データを比較し、次に画素位置を1つずつ右側にずらしながら順次比較を行う。なお、この時走査に垂直な方向(縦方向)に配列される画素データについても同様に横方向に MR の長さずれた画素データと比較される。従って、A組のM番目のセルの先頭の画素データとB組のM番目のセルの先頭の画素データとが比較される。この場合、比較される2つの画素は、 $MR = (MK + N) P$ だけ離れているので、セルの

パターンの同じ部分に位置する。従って、画素データをそのまま比較すればよい。比較結果が一致しない時には、いずれか一方に欠陥がある可能性が高い。

【0024】上記の比較を更に進め、A組とB組のすべての画素データの比較が終了すると、次にB組の先頭の画素データとC組の先頭の画素データを比較し、次に画素位置を1つずつ右側にずらしながら順次比較を行う。そして、Y組とZ組のすべての画素データの比較が終了すると、このセル部分の比較が終了する。従って、B組からY組のすべての画素データは両側に隣接する MR の長さ離れた画素データと2回比較されるダブルディテクションが行われる。これに対して、A組とZ組の画素データは、B組とY組の画素データと1回だけ比較される。ダブルディテクションが行われる画素データについては、2回の検出結果が共に一致した場合には正常(欠陥無し)と判定し、2回の検出結果が共に不一致の場合には異常(欠陥有り)と判定する。A組とZ組の画素データは、1回比較されるだけであるが、実際にはA組とZ組の画素データが全体に占める割合は非常に小さいので、無視しても特に問題は生じない。

【0025】もし、A組とZ組の画素データも2回の比較を行う必要がある場合には、例えば、A組の画素データをC組の画素データと比較する。また、Z組の画素データはY組の前の組の画素データと比較する。これであれば、分解ピッチ P/L によるまるめ誤差の累積が小さいので特に問題は生じない。すなわち、A組とZ組の画素データは、 $2MR = 2(MK + N) P$ の長さ離れた画素データと比較する。

【0026】また、A組とZ組の画素データを2回比較する別の方針としては、上記の分解ピッチ P/L よりも大きな第2の分解ピッチ P/U ($U < L$)の分解能で配列ピッチ $R = (K + S/T) P$ を表す。この時、 $S < T \leq U$ である。そして、A組とZ組の画素データについては、 $TR = (TK + S) P$ の長さ離れた画素データと比較する。

【0027】なお、上記のようにA組とZ組の画素データを2回比較する処理は、1回目の比較処理の結果が一致の場合のみ行うようにしてもよい。A組とZ組の画素データは、B組からY組の画素データと比較されており、ダブルディテクション方式で検査されたB組からY組の画素データと比較結果が一致すれば、欠陥はないと判断されるためである。

【0028】更に、上記の説明では、 $M \leq L$ としたが、 $M = L$ としてもよい。以上、本発明の実施例について説明したが、本発明は半導体ウエハ上に形成されたパターンだけでなく、そのパターンの原パターンであるフォトマスクの検査にも適用可能である。更に、上記の説明では、1次元イメージセンサを使用して走査により画像データを生成する構成を例として説明したが、例えば2次元イメージセンサを使用した場合には、いずれの方向及

び両方向における比較について本発明を適用することも可能である。

【0029】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、セルの配列ピッチRが画素ピッチPの整数倍でない場合でも、ソフトウェア処理でセルーセル比較が行えるので、低コストで且つ短時間にパターン比較検査が行える。

【図面の簡単な説明】

【図1】半導体ウエハ上に形成された半導体チップ（ダイ）の配列と検査時の軌跡を示す図である。

【図2】半導体ウエハ上に形成されたダイを検査する外観検査装置の概略構成を示す図である。

【図3】ダイーダイ比較を説明する図である。

【図4】セルの例及びセルーセル比較を説明する図である。

【図5】セルーセル比較において、セルピッチが画素ピッチの整数倍でない場合を示す図である。

【図6】本発明の原理を説明する図である。

【図7】本発明の実施例におけるダイ内のセル部分の画素データの配列を示す図である。

【符号の説明】

1 1…ステージ

1 2…対物レンズ

1 6…撮像装置

1 7…画像メモリ

1 8…画像処理部

1 9…制御部

1 0 0…ウエハ

1 0 1…ダイ

1 1 0…画素

1 2 0…セル

【図1】

図1

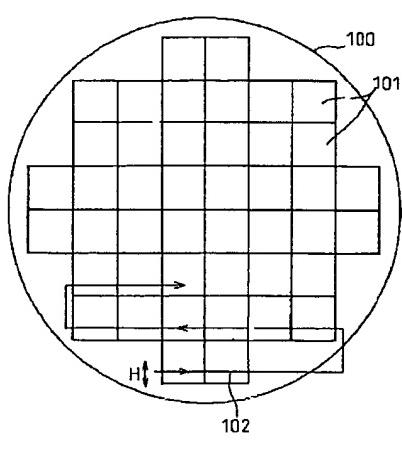
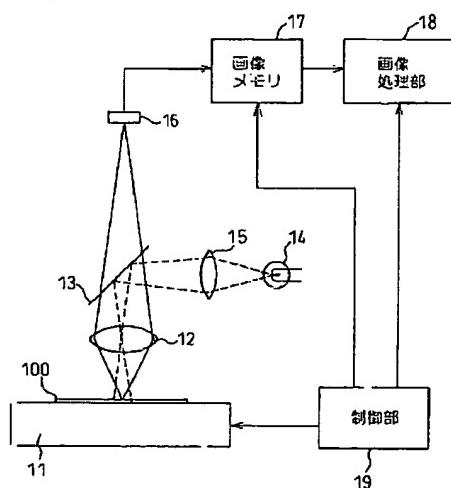
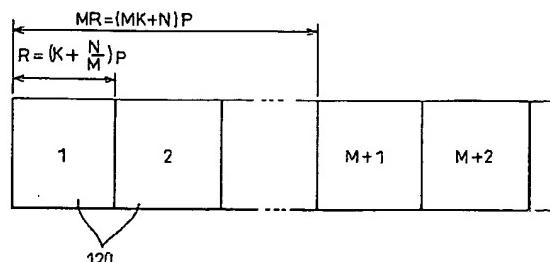
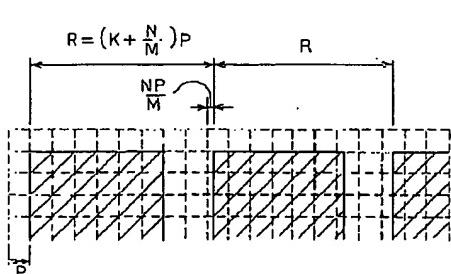


図2



【図5】

図5



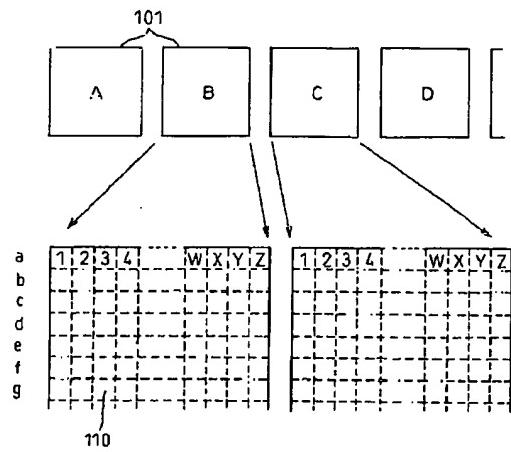
【図6】

図6

!(7) 002-342757 (P2002-342757A)

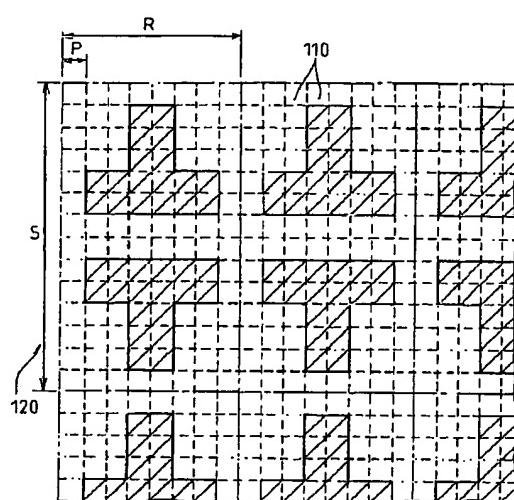
【図3】

図3



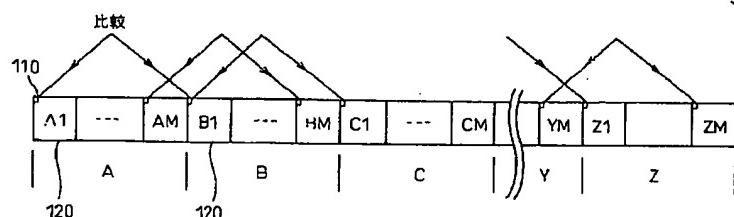
【図4】

図4



【図7】

図7



フロントページの続き

Fターム(参考) 2G036 AA25 BA00 BB12 CA06
 2G051 AA51 AC21 EA12 EA14
 4M106 AA01 CA39 DB04 DB21 DJ18
 DJ21
 5B057 AA03 CA08 CA12 CA16 CC02
 CC03 DA03 DA08 DB02 DB09
 DC32
 5L096 AA06 BA03 CA03 DA02 EA17
 JA03 JA18